

〔報文〕元興寺五重小塔の外観塗装材料に関する調査

著者	北野 信彦, 狭川 真一, 窪寺 茂
雑誌名	保存科学
号	47
ページ	53-68
発行年	2008-03-31
URL	http://id.nii.ac.jp/1440/00003715/



〔報文〕元興寺五重小塔の外観塗装材料に関する調査

北野 信彦・狭川 真一*・窪寺 茂**

1. はじめに

和銅3年(710)の平城京遷都に伴い飛鳥藤原京の法興寺(通称 飛鳥寺)が移転して創建された元興寺は、奈良時代には南都七大寺の有力寺院の一つとして壮大な寺域と伽藍群を擁していた。しかし往年の元興寺伽藍群の様子は、奈良時代建立の僧房の一部を中世段階に大幅改築を行ない造られた元興寺極楽坊の禅室および本堂(国宝;ユネスコ世界遺産 古都奈良の文化財の一つに登録)(写真1)と、奈良時代後期頃建立とされる五重小塔(国宝)、安政6年(1859)に落雷で炎上した五重塔の礎石群などからわずかに知られるものの、実体には不明な点が多い。このような歴史的な木造建造物(建築文化財)の多くには、荘厳と部材の表面保護を兼ねて、何らかの外観塗装が施されていた。建造物の外観塗装の在り方は、その建造物自体のイメージを大きく左右するため、これらを調査することは、創建当初やその後の建造物の性格を考察する上でも、今後の建築文化財の保存修理作業を行う上でも意義深いものとする。しかしこれらは常に日光や風雨に晒されるために劣化が著しく、保存修理の際に割合簡単に掻き落とされて新たに塗装し直される場合も多い。そのため、歴史的もしくは伝統的建造物の外観塗装材料に関する研究は、建物内部の装飾塗装の調査に比較して立ち遅れの感が強い。このような建造物の外観塗装の状況を解明するには、当初材や取替え時期が明確な部材に僅かに残存する外観塗装材料の痕跡を丹念に調査することが基本である。

今回、元興寺五重小塔の取り外し部材である破損旧材に塗装された赤色顔料や白色顔料に関する調査を行った。本稿ではこの外観塗装材料の年代的変遷を中心に報告する。

2. 元興寺五重小塔の沿革

昭和18年~26年(1943~1951)のにかけて行なわれた元興寺極楽坊(寛文3年の禅室建立棟札には正式名称として南都元興寺極楽院と記述するが、ここでは以下現在の通称である極楽坊と記す)の解体修理(以下、昭和の解体修理と記す)では、禅室と本堂はいずれも奈良時代に創建された東西に細長い僧房を起源としており、この東端の一部(三房分)は平安時代に仏堂に改造され、更に鎌倉時代(元興寺極楽坊造営事という棟札より寛元2年(1244)と推定)には阿弥陀堂形式の独立した仏堂に大改修再建されて現在の本堂に至ることが解明された(写真2)。特に鎌倉期の大改修工事以降には、少なくとも康正3年(1457)、応仁2年(1468)、文明6年(1474)などの中世段階の各時期、慶長・慶安・寛文・享保・明和などの近世期に大小部材の取替えなどの小規模改造や修繕は繰り返し為されたものの、根本的な解体修理は昭和18年(1943)からの解体修理まで行なわれなかったようである¹⁾。そのため現存する元興寺極楽坊は、飛鳥寺搬入瓦や奈良時代創建瓦、さらには飛鳥寺創建期部材(巻斗の一部)の存在にも象徴されるように、奈良時代の南都七大寺である主要寺院の僧房建造物の構造を良く留めながらも、大修造を受けた中世期を代表する寺院建造物の一つとして広く知られている。

さて本稿が調査対象とする元興寺五重小塔は、この昭和解体修理時に検出された本堂床下基壇や、天井裏から発見された大量の小塔旧材である取り外し部材の存在から、天井と床板を抜

*元興寺文化財研究所 **奈良文化財研究所



写真1 元興寺極楽坊（本堂・禅室）の現況



写真2 昭和解体修理前の本堂北背面と禅室

いて本堂内陣に安置されていたことが明らかになった。この小塔建造物の由緒は、関連する文献史料が見出し得ないため明確ではないが、床下基壇に室町時代末頃の蓮座台石の転用材があること、芯柱に極楽院住職名とともに天和三年（1683）の修理銘文があること、さらには取り外し部材である小塔旧材には鎌倉期頃の修理で取り外されたと考えられる旧材がかなり混ざっていることなどから、寛元2年（1244）年の極楽坊大改修期以前にはすでに極楽坊本堂に安置されていたと考えられている。

そしてこの建造物自体は、構造や様式の検証から、少なくとも奈良時代後期頃に創建年代が求められている²⁾。そのため、稀少な奈良時代における五重塔の建築文化財として、古社寺保存法に伴う明治31年（1898）の解体修理および明治34年（1901）の工芸品（木造五重塔 伝元興寺塔雛形）としての国宝指定がなされた。その後、昭和27年（1952）には改めて建造物（極楽院 五重小塔：三間五重塔婆 木瓦形板葺）として国宝指定を受けた。工芸品から建造物へ種目変更がなされた理由は、この小塔建造物の基本的な性格に関する解釈として、まず江戸時代以来、これが元興寺五重塔の建築雛形、もしくは聖武天皇の詮議により全国に造営された国分寺五重塔の建築雛形の試作塔であるという説が主流であった。しかしその後の建築史の分野による検証では、この小塔自体は極めて精巧な建造物としての構造を細部に至るまで呈している。そのため、独立した何らかの目的を有した建造物であると改めて考えられるようになったことによる³⁾。この五重小塔建造物は、国宝指定に伴い元興寺極楽坊本堂から明治40年（1907）に奈良帝室博物館（現奈良国立博物館）へ寄託され、第二次世界大戦後には昭和26年（1893）の修理、昭和34年（1959）には部材の強化や補填材料に合成樹脂を用いた再度の解体修理が為された。そして昭和40年（1965）に元興寺総合収蔵庫が新設されたことに伴い元興寺極楽坊に返納されて今日に至っている（写真3）。その間、その都度行なわれた大・小修理にともない取り外された破損旧材は、そのまま一貫して元興寺極楽坊の建造物屋根裏に保管収蔵されたり、廃棄部材として本堂や禅室周辺のゴミ穴土壌に投棄されたりしており、昭和解体修理時に回収されて整理・収納された（写真4-1、4-2）。これら旧材を調査した結果、元興寺五重小塔は、奈良時代後期頃の創建期以降、芯柱の修理履歴を記載した墨書銘文などの存在から平安時代、鎌倉時代（寛元2年；1244年の極楽坊大改修期を想定）、天和3年（1683）、明治31年（1898）、昭和26年（1951）、昭和42～43年（1967～1968）の幾度かの部材取替えなどの修理が施されたことが明らかになったが、鎌倉時代の寛元2年と江戸時代の天和3年修理の規模が大きかったようである²⁾。



写真3 元興寺五重小塔

写真4-1 五重小塔取り外し部材の
現況(1)(元興寺総合収蔵庫所蔵)写真4-2 五重小塔取り外し部材の
現況(2)(元興寺総合収蔵庫所蔵)

3. 元興寺五重小塔の外観塗装材料に関する先行調査

さて、昭和42～43年（1967～1968）の元興寺五重小塔の解体修理時の調査では、取り外し部材である破損旧材の表面には外観塗装材料である赤色顔料や白色顔料の痕跡を残す資料もかなり含まれていることが明らかにされた。そしてこの外観塗装材料のうちの5試料について奈良県工業試験所により分析調査が為された³⁾。

それによると、まずこの小塔建造物は「当初は裏板を白塗、茅負・木負は下端を白塗、前面を丹塗。丹及び白塗は当初のほかに鎌倉修理でも補足材は勿論であるが当初材にも更にその表面に塗重。天和・明治の修理は全体に塗らないで補足材だけに限っていた」と外観塗装の在り方を観察している。さらに、「天和材の塗装：黄土に近い丹土で黄色味を帯びて粒子は粗い、明治材の塗装：墨塗の上に朱を刷毛引きして古色仕上げ、昭和26年の巻斗補足材：表面を焼いてブラシをかけ丹土古色塗」であると、年代別の塗装の違いについても言及している。そして機器分析の結果（1）奈良時代：丹土のみ・丹土と鉛丹の混合物の二通り，（2）鎌倉時代：丹土，（3）江戸時代：丹土と鉛丹の二種の顔料の使用，（4）奈良時代の壁板白色顔料：白粘土（白土）系の白陶土（カオリン），であったと結論づけている。

しかしこの調査からはすでに40年の時を経ており、分析機器の進歩により調査自体も格段に簡便・迅速化している。さらに当該分野の研究成果の蓄積も進行している。そのため今回、こ

れら指定物件外の取り外し部材である破損旧材の外観塗装材料である赤色顔料や白色顔料について、分析結果の補填と充実も兼ねて再調査することになった。

4. 外観塗装材料の観察と分析

以下、本稿で取り上げる調査対象試料と分析方法を記す。

4-1. 調査対象試料

今回の調査では、昭和18～26年（1943～1951）の元興寺極楽坊の昭和解体修理時に本堂天井裏から検出された当初材や各年代の五重小塔修理時の際に取替えられた部材、明治修理以降の後補部材（いずれも元興寺総合収蔵庫で保管）のうち、建築史の分野の調査で年代観が明らかとなっている斗・垂木・肘木・扉板・壁板などの破片旧材37点（内訳：奈良時代当初材21点、鎌倉期材4点、江戸期材6点、明治以降材5点、その他不明材1点）から、外観塗装材料である赤色顔料や白色顔料の数ミリ角剥落片を注意深く回収し、分析用粘着カーボンテープに固定して調査対象試料とした（写真5、6、7、8、9、10）。

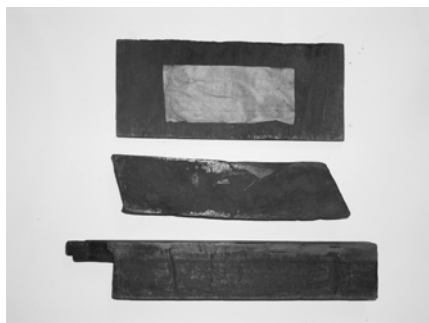


写真5 試料No.3, 9, 11の奈良時代当初材のベンガラ塗装の状態



写真6 試料No.19, 20の奈良時代当初材である大斗の外観塗装の状態



写真7 試料No.21の奈良時代当初材である壁板材の外観塗装の状態



写真8 試料No.28, 29の江戸時代後補部材である巻斗のベンガラ塗装の状態



写真9 試料No.27の江戸時代後補部材である地垂の鉛丹顔料の付着状態



写真10 試料No.33, 34の明治以降後補部材である巻斗のベンガラ塗装の状態

4-2. 分析方法

4-2-1. 無機元素の定性分析

各試料は、くらしき作陽大学北野研究室設置の堀場製作所MESA-500型の蛍光X線分析装置を用いて無機成分の分析を行った。分析設定時間は600秒、試料室内は真空状態、X線管電圧は15kVおよび50kV、電流は240 μ Aおよび20 μ A、検出強度は200,000~250,000cps、定量補正法はスタンダードレスである。

4-2-2. 顔料粒子の集合状態と個々の粒子形態の観察

各試料は、まず金属顕微鏡による200~500倍の低倍率で塗り重ね状況などを観察した後、個々の赤色顔料や白色顔料の粒子形態を走査型電子顕微鏡を用いて画像(SEM画像)観察した。各試料はカーボン台に固定した上で50,000倍の高倍率画像観察を(株)日立ハイテクノロジーズ分析センターにおいて、日立製作所製S-3000N型およびS-3400型走査電子顕微鏡を用いて行なった。各試料は、赤い色相の物質の集積が良好であり、かつ附設の(株)堀場製作所EX-300型のEDX分析で鉄(Fe)がマッピング検出された部分を中心に観察した。

4-2-3. 赤色顔料の測色測定

各試料の赤い色相の測色は、まず新版標準土色帳のマンセル標示色見本(農林水産省農林水産技術会議事務局 監修・日本色彩研究所 色表監修; 1991年版)と各試料の色相を自然採光条件下で比較して行なった。引き続き、(財)元興寺文化財研究所・保存科学センター設置のミノルタ製測色計(スペクトロフォトメータCM-2600d)を用いて外観塗装が確認される箇所の測色測定を行なった。測色条件は、マスククロス; M/SCI, UV設定; 100%, 光源; D-65, 観察視野; 10°, 色補正; 0と白, 自動側色; 3回平均である。なお表色系はL*, a*, b*で表示し, a*/b*で算出したが、測定値の正確さを期すために、測色箇所を替えながら5回計測して中3つの平均値を求めた。

4-3. 調査結果

各試料の各種分析を行ったところ、以下の調査結果を得た(表1)。

まず、構成無機元素の分析において、奈良時代の創建期部材に外観塗装されていた試料No. 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 鎌倉時代の取替え部材に外観塗装されていた試料No. 23, 24, 25, 26, 年代不明部材の試料No. 22などの赤色顔料からは水銀(Hg)

や鉛 (Pb) は見出されず、鉄 (Fe) が顕著に検出された (図1)。一方、同じ奈良時代の創建期部材に外観塗装材料された赤色顔料のうち、試料No.2, 20からは修理報告書の分析結果にもあるように鉄 (Fe) の顕著なピークとともに鉛 (Pb) も同時に検出された (図2)。また修理報告書が「黄土に近い丹土で黄色味を帯びて粒子は粗い」と言及する江戸時代の元和修理に伴う取替え巻斗部材の外観塗装材料からは、鉄 (Fe) とともにシリカ (Si)、アルミニウム (Al)、鉛 (Pb) などが顕著に検出された (図3, 写真8)。そして江戸時代の地垂部材に付着した黄味が強い橙色系の赤色を呈する試料No.27からは、鉄 (Fe) は見出されず、鉛 (Pb) のみが顕著に検出された (図4, 写真9)。また明治以降の巻斗部材 (いずれも鉄釘の芯が通されている) の赤色顔料からは顕著な鉄 (Fe) のピークとともに、ごく微量ではあるが、鉛 (Pb) の成分が検出された (写真10)。

次に金属顕微鏡の調査では、奈良時代の試料No.1~21と年代不明の試料No.22の赤色顔料からは、いずれも赤味が強い色相を呈する針状もしくはひげ状の特異な形態を有する顔料粒子が密集した状態で観察された (写真11)。一方、江戸時代の試料No.28~32からは、茶褐色で赤い色相に乏しいやや茶褐色系の泥絵具系の顔料の中に黄味の強い橙色 (オレンジ色) 系の色相

表1 元興寺五重小塔取り外し部材の外観塗装材料の分析結果

No.	部材名	年代観	注記・備考	無機元素の検出		パイプ状	ベンガラの種類				丹土	泥絵具+鉛丹	ローハ(人造系)	白い顔料
				鉄(Fe)	鉛(Pb)		赤土(鉱物系)	赤土(土系)	丹土	泥絵具+鉛丹				
1	部材片(不明)	奈良	初側入側間層垂受(当初材)	◎		○								
2	部材片(不明)	奈良	初側入側間層垂受(当初材)	◎	○	○(下層)						鉛丹(上層付着)		
3	部材片(不明)	奈良	初側入側間層垂受(当初材)	◎		○								
4	地垂	奈良	初側入側間層垂受(当初材)	◎		○(付着)								
11	肘木	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
12	通肘木?	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
13	肘木	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
14	飛えん垂木	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
15	扉材	奈良	三重野地より発見(当初材)	◎		○								
16	部材(板)片	奈良	三重野地より発見(当初材)	◎		○								
18	隅棟木	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
19	地垂木	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
20	小垂木	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎	○	○(下層)						鉛丹?		
21	小垂木	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
22	小垂木	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
25	小垂木上巻斗	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
26	小垂木上巻斗	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
27	巻斗	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○								
23	大斗	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○(下層)			○(上層)					火山灰(中層)
24	大斗	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○(下層)			○(上層)					火山灰(中層)
17	壁板	奈良	巻見遣材断片(当初材・ヒノキ)	◎		○(下層)			○(上層)					白粘土(中層)
7	平桁	不明	奈良材 旧基壇平桁	◎		○(下層)			○(上層)					白粘土(中層)
5	初重肘木	鎌倉?(1244?)	四段差肘木(は三〜四)	◎		○								
6	初重差肘木	鎌倉(1244?)	四段(はに三肘木)	◎										
8	肘木	鎌倉(1244?)	四段ろ〜二肘木	◎						○				
9	初重小屋組	鎌倉(1244?)	西側四天柱木	◎					○(上層)					白粘土(下層)
10	地垂	江戸(1683)	元和部材(スギ)	◎	◎							鉛丹のみ(付着)		
28	巻斗	江戸(1683)	元和部材(スギ)	◎	◎			△				○		
29	巻斗	江戸(1683)	元和部材(スギ)	◎	◎			△				○		
30	巻斗	江戸(1683)	元和部材(スギ)	◎	◎			△				○		
31	巻斗	江戸(1683)	元和部材(スギ)	◎	◎			△				○		
32	巻斗	江戸(1683)	元和部材(スギ)	◎	◎			△				○		
33	巻斗	明治以降	明治・昭和部材(スギ)	◎	?								○	
34	巻斗	明治以降	明治・昭和部材(スギ)	◎	?								○	
35	巻斗	明治以降	明治・昭和部材(スギ)	◎	?								○	
36	巻斗	明治以降	明治・昭和部材(スギ)	◎	?								○	
37	巻斗	明治以降	明治・昭和部材(スギ)	◎	?								○	

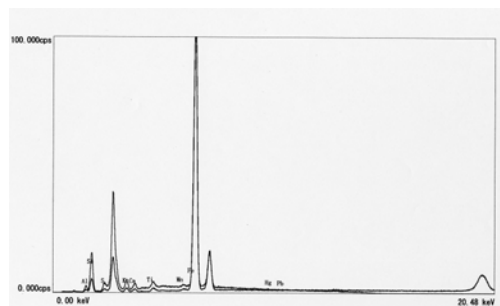


図1 奈良時代の当初材に外観塗装された赤色顔料の蛍光X線分析結果

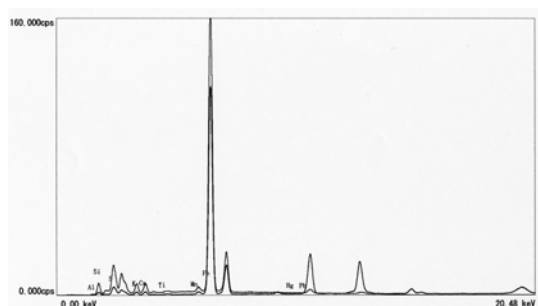


図2 試料No.2の赤色顔料の蛍光X線分析結果

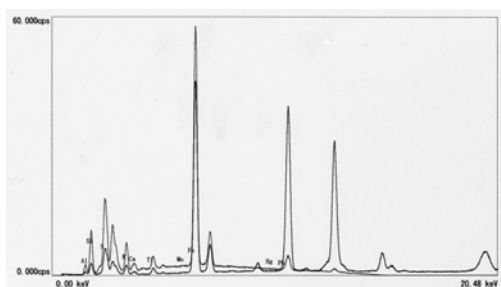


図3 江戸時代の後補部材である巻斗の外観塗装材料の蛍光X線分析結果

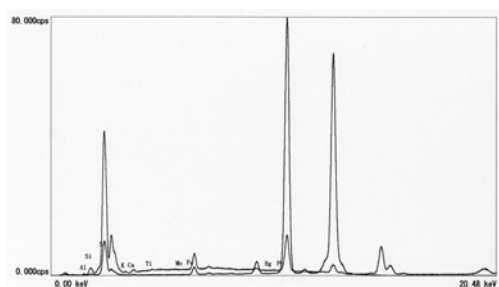


図4 試料No.27の赤色顔料の蛍光X線分析結果

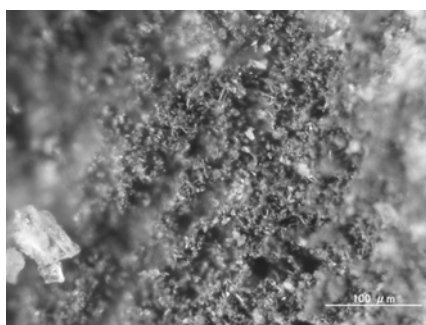


写真11 奈良時代当初材に外観塗装されたパイプ状ベンガラの集合状態

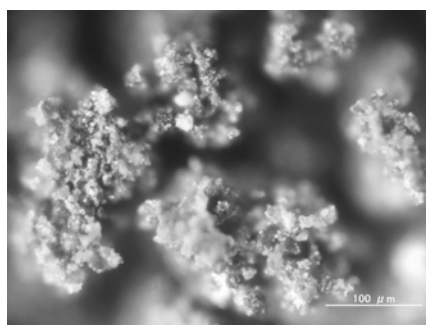


写真12 江戸時代後補部材である巻斗に外観塗装された泥絵具＋鉛丹顔料

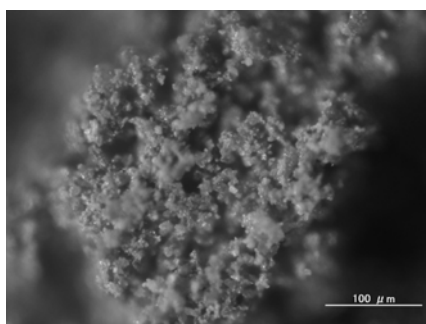


写真13-1 試料No.27の江戸時代後補部材である地垂に付着した鉛丹顔料の集合状態

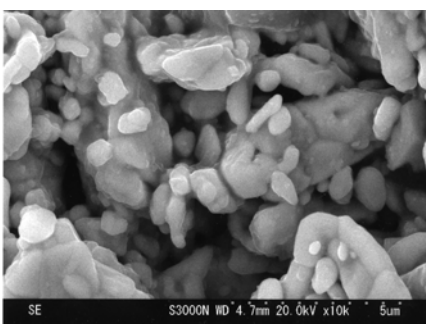


写真13-2 同鉛丹顔料の電子顕微鏡観察(50,000倍)

を呈する赤色顔料が適当量混入した状態で観察された(写真12)。また試料No.27からは、試料No.28～32と同じ黄味の強い橙色を呈する粗い粒子の赤色顔料の付着が観察された(写真13-1, 13-2, 表2)。

引き続き電子顕微鏡による調査を行なった結果、奈良時代の当初材および年代不明材で観察された針状もしくはひげ状の赤色顔料の粒子は、いずれの試料も $0.1\mu\text{m}$ 前後の六角板状型の微小な粒子が一定の規則性(らせん状もしくはコイル状)をもって連続集結して外径 $1.0\sim 1.5\mu\text{m}$ 、厚さ $0.2\mu\text{m}$ 、長さ $5\sim 10\mu\text{m}$ 前後の中空円筒状(パイプ状もしくはチューブ状)の形態を有する物質の集合体であった(写真14-1, 14-2, 14-3, 14-4)。また同じ鎌倉時代の取替え部材

の赤色顔料の粒子では、試料No.23, 26は $0.2\sim 0.4\mu\text{m}$ 程度で厚みは $0.05\mu\text{m}$ 程度の扁平な微薄片である六角板状型もしくは薄魚鱗状(薄板雲母状)の微細粉末の粒子形態の集合体を呈し(写真15-1, 15-2), 試料No.24, 25は極めて不定形の集合体であった(写真16)。さらに試料No.33~37の明治時代以降の後補取替えの巻斗部材の赤色顔料は、いずれもやや角張った微粒子を若干含むものの基本的には $0.1\mu\text{m}$ 程度で粒度が極めてよく揃った球状微粒子の集合体であった(写真17)。

表2 元興寺五重小塔取り外し部材の外観塗装材料の赤い色相分析結果

No.	年代観	L*	a*	b*	a*/b*	マンセル標示	color	color
1	奈良	37.3	14.3	15.3	0.94	10R4/8	red	赤
2	奈良	34.7	11.2	11.8	0.95	10R5/8	bright reddish brown	明赤褐
3	奈良	31.9	14.3	14.6	0.98	10R5/8	bright reddish brown	明赤褐
4	奈良	36.9	17.3	18.4	0.94	10R5/8	bright reddish brown	明赤褐
5	奈良	32.5	14.9	13.7	1.09	10R4/8	red	赤
6	奈良	33.9	15.9	16	1	10R5/8	bright reddish brown	明赤褐
7	奈良	35.4	19.7	20.5	0.96	10R5/8	bright reddish brown	明赤褐
8	奈良	35.9	24.1	23.9	1.01	10R4/8	red	赤
9	奈良	36.9	20.8	21.3	0.98	10R4/8	red	赤
10	奈良	35.8	22.5	22	1.03	10R5/8	bright reddish brown	明赤褐
11	奈良	33.9	13.8	15.1	0.91	10R5/8	bright reddish brown	明赤褐
12	奈良	31.7	13.8	13.7	1.01	10R4/8	red	赤
13	奈良	34.7	17.7	18	0.98	10R4/8	red	赤
14	奈良	33.1	14.4	14.6	0.99	10R4/8	red	赤
15	奈良	30.7	15.7	14.4	1.09	10R4/8	red	赤
16	奈良	—	—	—	—	10R4/8	red	赤
17	奈良	37.2	22.2	22.2	1	10R5/8	bright reddish brown	明赤褐
18	奈良	32.8	18.9	17.5	1.08	10R4/8	red	赤
19(下層)	奈良	31.5	17.1	16.3	1.05	10R4/8	red	赤
19(上層)	—	28	15.5	14.5	1.07	7.5R4/8	red	赤
20(下層)	奈良	37.5	16.2	17.9	0.9	10R4/8	red	赤
20(上層)	—	30.3	20.5	19.3	1.07	7.5R4/8	red	赤
21	奈良	42.8	13.5	15.5	0.88	10R4/8	red	赤
28	江戸	40.2	11	14.2	0.77	2.5YR6/4	bright reddish brown	明赤褐
29	江戸	37.5	8.5	11.7	0.73	2.5YR5/6	bright reddish brown	明赤褐
30	江戸	38.9	12.5	14.9	0.83	2.5YR5/6	bright reddish brown	明赤褐
31	江戸	—	—	—	—	2.5YR5/6	bright reddish brown	明赤褐
32	江戸	39	12.3	15.3	0.8	2.5YR5/8	bright reddish brown	明赤褐
33	明治以降	32.7	33.2	18.1	1.84	7.5R4/8	red	赤
34	明治以降	29.1	25.9	15.3	1.69	7.5R4/8	red	赤

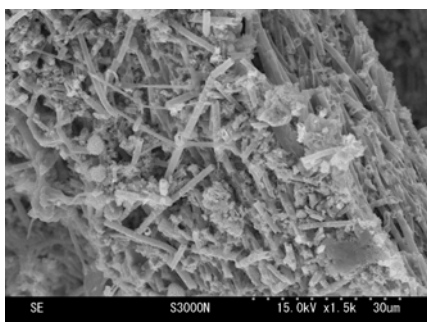


写真14-1 奈良時代の当初材に外観塗装されたパイプ状ベンガラの電子顕微鏡観察(1)(1,500倍)

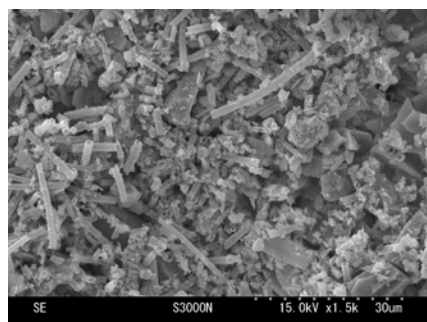


写真14-2 奈良時代の当初材に外観塗装されたパイプ状ベンガラの電子顕微鏡観察(2)(1,500倍)

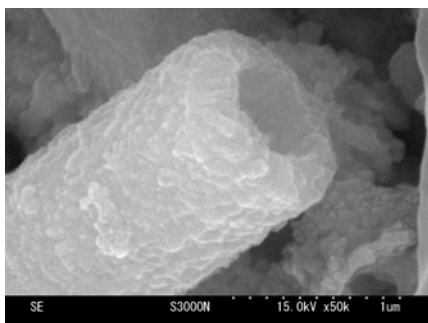


写真14-3 パイプ状ベンガラの拡大写真
(1) (50,000倍)

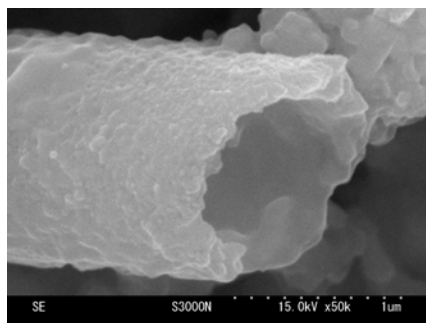


写真14-4 パイプ状ベンガラの拡大写真
(2) (50,000倍)

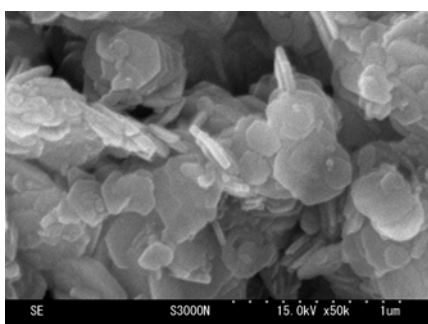


写真15-1 奈良時代当初材である壁板材
に外観塗装されていた赤土ベン
ガラ（鉄物系）の電子顕微鏡
観察（50,000倍）

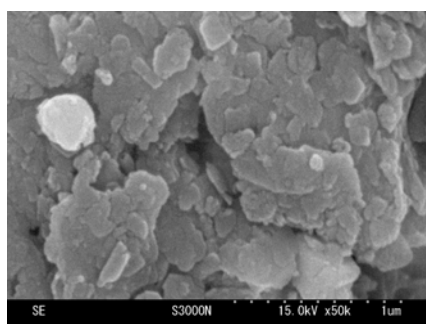


写真15-2 鎌倉時代後補部に付着して
いた赤土ベンガラ（土系）の
電子顕微鏡観察（50,000倍）

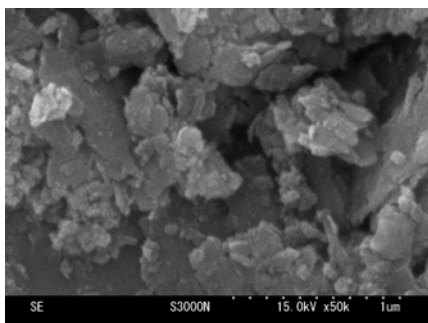


写真16 鎌倉時代後補部に外観塗装さ
れていた丹土ベンガラ（土系）
の電子顕微鏡観察（50,000倍）

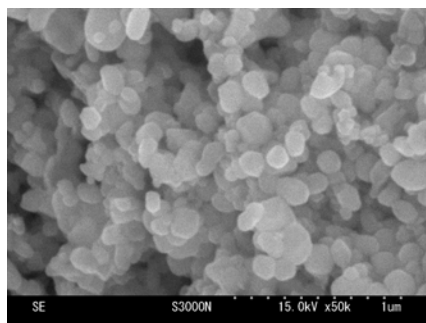


写真17 明治以降の後補部材である巻斗
に外観塗装されていた人造ベン
ガラ（土系）の電子顕微鏡観察
（50,000倍）

次に、奈良時代の当初材である試料No.19, 20の大斗部材（写真6）、試料No.21の壁板部材（写真7）、さらには鎌倉時代の後補材と考えられる四天枳木に付着した試料No.26などの白色顔料の分析を行った。これらの無機元素を分析した結果、試料No.19, 20, 21からは下層の赤色顔料由来の鉄 (Fe) とともにシリカ (Si) が顕著に検出され、その他ではアルミニウム (Al)、カリウム (K)、さらには微量成分としてカルシウム (Ca)、マンガン (Mn) が見出された（図5）。一方、試料No.26からは、シリカ (Si)、アルミニウム (Al)、リン (P)、カリウム (K)、カルシウム (Ca)、鉄 (Fe) などの無機成分が検出された（図6）。これらを顕微鏡観察した

結果、試料No.19, 20の部材直上は中空円筒状の形態を呈する赤色顔料がみられるが、その上に透明感があり一部バブルウォール気泡を含むガラス質物質を顕著に含む白色顔料層が観察された(写真18-1, 18-2, 18-3)。さらにこの白色顔料層の上層には、試料No.23, 26でも観察された扁平な微薄片である六角板状型もしくは薄魚鱗状(薄板雲母状)の赤色顔料の粒子の集合体が観察された(写真15-1)。一方、試料No.21や試料No.26の白色顔料には、透明感のあるガラス質物質は見出されず、粘土鉱物の微粒子が見出された(写真19)。

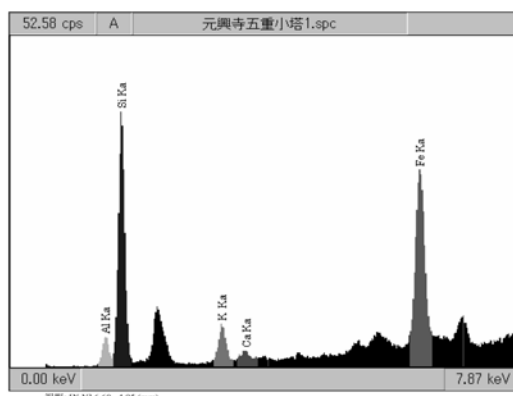


図5 白色顔料(火山灰)の蛍光X線分析結果

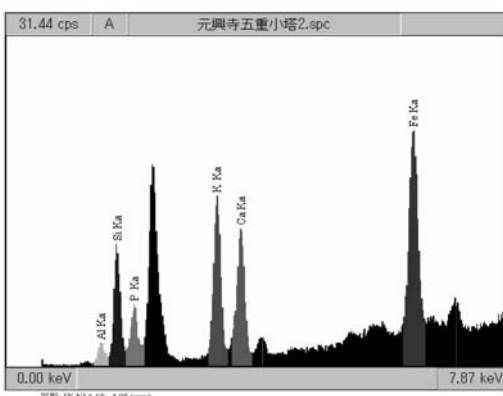


図6 白色顔料(粘土系白土)の蛍光X線分析結果

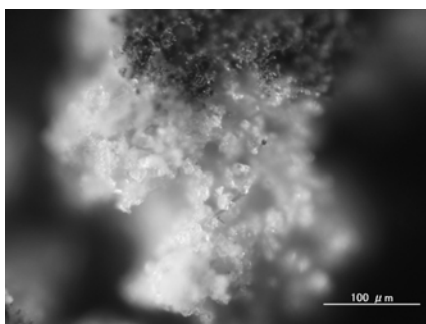


写真18-1 試料No.23の奈良時代当初材である大斗の中層に観察される白色顔料(火山灰)の集合状態

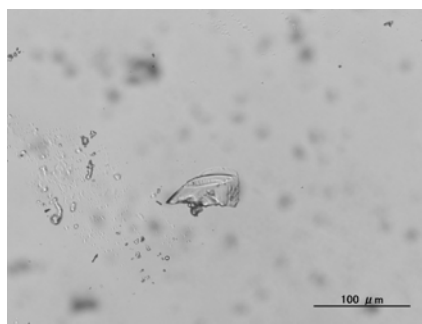


写真18-2 同火山灰のガラス質鉱物粒子の形態

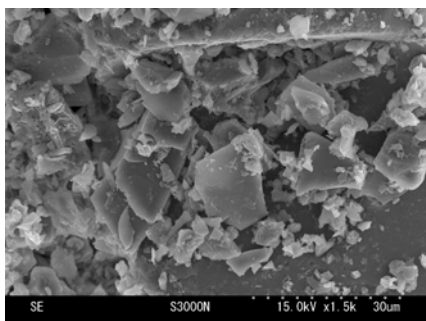


写真18-3 同部材の中層に観察される火山灰の集合状態の電子顕微鏡観察(1,500倍)

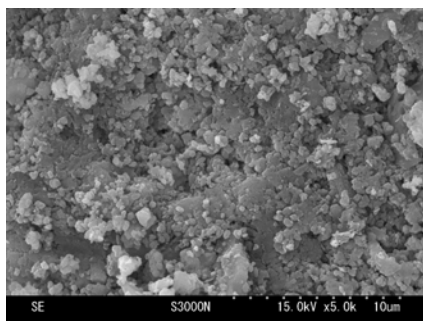


写真19 試料No.21の奈良時代当初材である壁板材の中層に観察される白色顔料(粘土系白土)の電子顕微鏡観察(5,000倍)

5. 考察

各種の分析調査を行なった結果、まず各試料の赤色顔料は、鉄 (Fe) が顕著に検出された試料群は酸化鉄系のベンガラ (酸化第二鉄: Fe_2O_3)、鉛 (Pb) のみが顕著に検出された試料は鉛丹 (四酸化三鉛: Pb_3O_4) であると同定する。また鉄 (Fe) と鉛 (Pb) の両者が検出された試料は、ベンガラと鉛丹を意識的に混ぜて色調調整を行なったものとする。ただし、鉛 (Pb) の検出がごく微量である奈良時代創建期および明治時代以降の試料は、後年の保管時における周辺部材からの鉛丹顔料の付着である可能性も指摘されよう。

次に白色顔料はいずれも、鉛 (Pb) は検出されず、さらにカルシウム (Ca) と硫黄 (S) の並存がシリカ (Si) に比較して顕著ではないため、鉛白 (Pb_2O_3) や石灰岩の微細粉末もしくは貝殻を粉碎した胡粉 (いずれも炭酸カルシウム calcite: CaCO_3) を主成分とする白色顔料ではないと理解した。このうちの試料No.19, 20には透明感があり一部バブルウォール気泡を含むガラス質物質が顕著に観察されたため、これは純度が高い火山灰起源の白壁材料であると同定する。その一方で、試料No.21, 26には火山灰起源のガラス質物質は含まれておらず、粘度鉱物が微粒子が見出された。そのため、無機元素の分析結果とも併せて考えると、これらは粘土鉱物系の白土、すなわち修理報告書が報告する「白陶土 (カオリン)」であると理解する。

すなわち、元興寺五重小塔の部材にはそれぞれ異なる種類の赤色顔料 (ベンガラ、鉛丹、両者の混合) や白色顔料 (火山灰、白い色相を呈する粘土系の白土) が、創建期および各年代の修理作業時ごとに選択されて外観塗装されていたものであろう。

さて筆者によるこれまでの各種ベンガラ顔料の調査結果では、同じ酸化第二鉄の赤い色相を主成分としたベンガラ顔料でも、原材料や製法の違いにより、赤色顔料としての赤い色相、さらには個々のベンガラ顔料の粒子形態や集合状態はそれぞれ異なることが理解されている。すなわち、(1) 文献史料が「赤土」もしくは「代赭」と記し、天然赤鉄鉱を磨り潰して微細粉末して赤色顔料とする、もしくは赤味が強い粘土系の風化生成土壌や赤鉄鉱の鉱石が風化して脆弱粉碎化された細粉集積土壌を精製して作成する天然鉱物系の「赤土ベンガラ⁸⁾」、(2) 文献史料は「鉄丹もしくは鉄屑の弁柄」と記し、鉄サビに酸化促進剤を添加して加熱して作成する。後述するローハベンガラに比較して赤い色相はやや劣るが、中世以降の木造建造物のベンガラ塗装には多用されたと考えられる人造顔料系の「鉄丹ベンガラ⁹⁾」、(3) 鉄分を多く含む黄土もしくは水酸化鉄や針鉄鉱系の風化土壌を原材料とし、加熱～粉碎～水簸して作成するが、本来が土壌であるために夾雑物が多く、赤色よりも黄褐色の色相が強い廉価で量産可能な「丹土ベンガラ⁶⁾」、(4) 文献史料は「礬紅もしくは弁柄」と記し、硫化鉄鉱の風化生成物である緑礬 (ローハ) を原材料として、これを加熱～水簸して作成する。赤い色相は極めて良好なため赤色漆や陶磁器の絵柄色材などに使用されたことが知れる人造顔料系の「ローハベンガラ⁴⁾」、(5) 『豊後風土記』が「赤湯泉 (あかゆ)」の赤泥を建造物の柱に塗装したと記すように温泉沈殿物の肌理の細かい赤泥を原材料とし、これを加熱～水簸して作成する「赤泥ベンガラ⁷⁾」、(6) 鉄分の純度が高い *Leptothrix Ochraceae* 種などの黄褐色浮遊沈殿物の鉄バクテリアを原材料としているため、赤味が強い色相の外径 $1\ \mu\text{m}$ 程度の中空円筒状で定型化した形態を有する「パイプ状ベンガラ⁹⁾」、(7) 湿式沈殿法からなる現代のベンガラ¹⁰⁾、の少なくとも7種類の名称や原材料、製法が異なるベンガラ顔料の存在である。

この点を考慮に入れて本試料群のベンガラ顔料の性格を同定すると、(1) 奈良時代の創建期の当初材にはいずれも中空円筒状の特異な形態を呈する「パイプ状ベンガラ」、(2) 奈良時代の当初材に直接塗装された下層の「パイプ状ベンガラ」の上に中層の白色顔料を挟んでその上

に上塗りされた上層部分や、鎌倉時代の取替え部材の一部は、近世の文献史料が「破レバ堅クシテ、薄クヘゲルナリ」と指摘するような扁平な微薄片である六角板状型もしくは薄魚鱗状（薄板雲母状）を呈する天然鉱物系の「赤土ベンガラ」、(3) 一部の鎌倉時代の取替え部材には鉄分が多い黄土を原材料とするために土壌不純物も多く含み、結果として不均一な粒子構造と集合を有する「丹土ベンガラ」、さらには(4) 明治時代以降の後補取替えの巻斗部材にはやや角張った微粒子を若干含むものの乾式法で生産するため基本的には $0.1\mu\text{m}$ 程度で粒度が極めてよく揃った球状微粒子の集合形態を呈するローハベンガラもしくは鉄丹ベンガラの「人造ベンガラ」、すなわち四種類の原材料や製法が異なるベンガラ顔料がそれぞれ外観塗装材料として使用されていたものと理解している。また江戸時代の取替え部材には、ベンガラ顔料のみを外観塗装するのではなく、茶褐色で赤い色相が弱い肌色系の色相を呈する泥絵具顔料に赤い色味を付加するために、鉛丹顔料を相当量混ぜて塗装していることが顕微鏡観察でも確認された。このような鉛丹顔料が検出された部材は、江戸時代の取替え旧材を中心としている。そのため、奈良時代の当初材である試料No.2、13で検出された鉛丹顔料は、いずれも元興寺五重小塔を作成した創建期から塗装材料として「パイプ状ベンガラ」と混ぜて塗装されたものではなく、後の江戸時代の天和3年修理時に上塗り塗装されたものであろう。なおこれと類似した塗装事例は、山崎一雄らが法隆寺の取替え部材の外観塗装材料であるベンガラ顔料の分析調査においても指摘されている¹³⁾。

いずれにしてもこのようなベンガラ顔料の使用状況の違いは、建造物の修理に伴う外観塗装の塗り直し補修が行なわれた年代の違いが反映されたものであろう。とりわけ今回の調査では、奈良時代の当初材のみに「パイプ状ベンガラ」が使用されていた点が注目される。「パイプ状ベンガラ」は、純度が高い鉄成分を多く含む鉄バクテリアが原材料であるため、比較的良質な赤い色相を呈するものの、一回の作業での沈殿物の回収量は限定される（写真20）。そのため、基本的には供給量が少なく量産化に不向きであったと考えられるパイプ状ベンガラが、広範に縄文時代から古墳時代にかけて長期間に亘って持続的に使用され続けたのは、もちろん赤色顔料としての品質の良さが認識されていたこともあろうが、赤彩土器や漆塗櫛の使用顔料、装飾古墳壁画の彩色顔料など、基本的には少量使用である点が、縄文時代から古墳時代にかけてそれぞれのある一定地域内における赤色顔料の需要に対する供給側（顔料生産地側）の対応が可能であった理由の一つであろう。しかし、古代国家体制が成立する白鳳・飛鳥期以降には大規模な寺院伽藍群や宮殿建造物群などの木造建造物の外観塗装材料としては、安定的な生産と供給が困難であるため、報告事例が稀少となるとされてきた。事実、飛鳥・白鳳期から奈良時代にかけて古代の木造建造物のベンガラ塗装には、朽津信明や山崎一雄らが「不純なベンガラ」と評するベンガラ顔料に対応するような、赤い色相は劣るものの量産が可能な「丹土ベンガラ」の使用例が基本であることが朽津信明による先行研究でも報告されている^{12, 14)}。そしてこれまで歴史時代の赤色顔料の分析結果でパイプ状ベンガラが検出された事例の報告は、筆者によるいずれも飛鳥・白鳳期に年代観が求められている尼寺廃塔跡礎石直上から検出された赤色顔料および北白川廃寺跡出土の軒平瓦付着の赤色顔料など一部の古代木造建造物の外観塗装材料に関連した出土赤色顔料⁹⁾、成瀬正和が報告を行なった正倉院宝物の一つである彩絵仏像幡の幡脚塗装の伝世資料としての赤色顔料¹¹⁾の三例の報告に留まっていた。そのため、これらはいずれも特殊で稀少な使用事例であると考えられてきた。ところが、今回、南都七大寺の主要寺院であった元興寺に伝世している奈良時代後期頃の五重小塔の外観塗装材料や、平安時代前期頃の平安宮跡主要建造物関連の出土軒平瓦に付着した赤色顔料⁹⁾などに「パイプ状ベンガラ」の使用例が新たに確認された（写真21）。このことは古代の平城京や平安京の中央政権周辺において、このベ

ンガラ顔料が赤味が強い色相を呈する品質のよい赤色顔料として認識され、組織的な生産と調達がなされた可能性が指摘されよう。

一方、壁板材などに外観塗装された白色顔料には、粘土鉱物の微粒子集合体である粘土鉱物系の白土材料とともに、奈良時代の当初材の一部に純度が高い火山灰材料が使用されていた。このようなガラス質の火山灰が白壁材料として使用された事例は、飛鳥時代に年代観が求められている飛鳥山田寺跡出土連子窓部材上部小壁と考えられる白壁材料と、平安京右京五条六坊の平安時代前期頃の柱抜き取り穴に充填されて検出された白壁破片材料の二例の報告例があるが、今後の使用事例は増加するであろう。

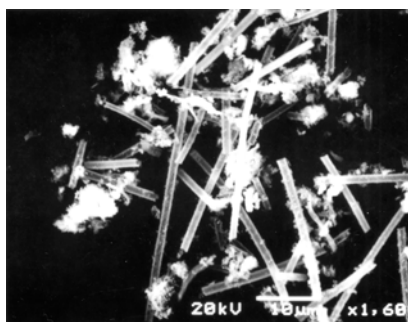


写真20 同鉄バクテリアの鞘状殻の電子顕微鏡観察（1,600倍）

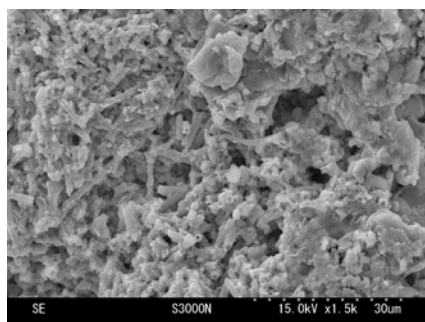


写真21 平安宮民部省跡出土軒平瓦に付着したパイプ状ベンガラの電子顕微鏡観察（1,500倍）

6. まとめと今後の課題

以上、本稿では元興寺五重小塔の外観塗装材料に関する基礎的な調査を行なった。新たに得られた調査知見を年代別にまとめると以下になる。

（1）奈良時代の当初材はいずれもヒノキ材（写真22）であるが、この部材直上には赤い色相が強い中空円筒状の特異な形態を有する「パイプ状ベンガラ」が極めて密集した集合状態で確認された。このパイプ状ベンガラはそれ以降の鎌倉・江戸・明治時代以降の取替えの後補部材の外観塗装材料には観察されなかった。そのため、この「パイプ状ベンガラ」は奈良時代に作成された元興寺五重小塔の当初の外観塗装材料である可能性が指摘される。

（2）これまで古代以降は「パイプ状ベンガラ」の使用は稀少となると考えられてきた。とこ

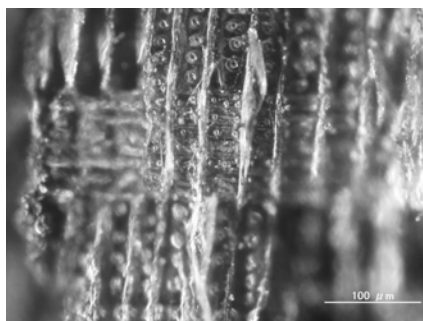


写真22 奈良時代当初材であるヒノキ材の顕微鏡観察（柃目面）

ろが平城京内で作成されたと考えられる元興寺五重小塔の当初材の外観塗装材料や平安京内の主要建造物の外観塗装材料として「パイプ状ベンガラ」が確認されたことは、当時の中央政権周辺において、これらが赤い色相が強い良質なベンガラ顔料として認識され、組織的な生産と使用が為されていたことを示す『物的証拠』の一つであると考えられる。

(3) 奈良時代の当初材である大斗や扉板には、白土を挟んで赤い色相が異なる赤色顔料が上下二種類確認された。このうちの部材直上塗装の下層は「パイプ状ベンガラ」が確認されるが、その上に純度が高いガラス質物質を多く含む「火山灰起源の白色顔料」～天然赤鉄鉱を磨り潰した、もしくは天然赤土起源の薄層雲母状の「赤土ベンガラ」が確認された。なお、これと同様の形態を有する純度が高い「赤土ベンガラ」は、鎌倉時代後補部材の一部にも認められた。

(4) 江戸時代の後補部材である巻斗からは、いずれも鉄(Fe)のほか、鉛(Pb)と粘土鉱物起源のシリカ(Si)などが強く検出された。これは茶褐色で赤い色相が弱い泥絵具系顔料に赤い色味を付加するために鉛丹顔料を混ぜて塗装したためであろう。また、江戸時代の地垂木材には粒子の粗い鉛丹顔料のみが付着していた。そのため、鉛丹顔料の外観塗装材料としての使用は江戸時代(天和3年)の修理時と考えられる。

(5) 明治以降の後補部材である巻斗には、「人造ベンガラ」(おそらくローハベンガラ)の特徴である粒度が揃った $0.1\mu\text{m}$ 程度の球状微粒子の集合体が明確に確認された。

(6) いずれにしても今回の調査では、40年前に行なわれた昭和解体修理に伴う元興寺五重小塔の外観塗装材料に関する先行調査の結果を基本的には追認することができた。さらにその一方で、当時は認識されていなかったパイプ状ベンガラをはじめとする各種ベンガラ顔料の同定や火山灰起源の白色顔料の確認など、新たな知見も数多く得た。このような古代木造文化財の外観塗装材料に関する地道な再調査作業を行うことは、極めて大切な今後の課題であろう。

謝辞

本調査を進めるにあたり元興寺極楽坊住職である元興寺文化財研究所の辻村泰善理事長・植田直見副研究部長をはじめとする元興寺および元興寺文化財研究所の各位には大変お世話になりました。また各試料の電子顕微鏡写真撮影は(株)日立ハイテクノロジーズ分析センターで行いました。併せて謝意を表します。

本稿は科学研究費補助金 基盤研究(C)(細目:文化財科学:課題番号19500872)『建築文化財における外観塗装材料の変遷と新塗料開発に関する研究』(研究代表者:北野信彦)の平成19年度成果の一部を含む。

参考文献

- 1) 奈良県文化財保存事務所: 国宝元興寺極楽坊本堂 禅室及び東門工事報告書, (1957)
- 2) 奈良県文化財保存事務所: 国宝元興寺極楽坊五重小塔修理工事報告書, (1968)
- 3) 岩城隆利: 元興寺の歴史, 吉川弘文館, (1999)
- 4) 北野信彦・肥塚隆保: 近世におけるベンガラの製法に関する復元的実験, 文化財保存修復学会誌, 40, 35-47, (1996)
- 5) 北野信彦・肥塚隆保: 江戸時代における鉄丹ベンガラの製法に関する復元的実験, 文化財保存修復学会誌, 42, 26-34, (1998)
- 6) 北野信彦: 丹土ベンガラの製法に関する基礎的調査, 研究紀要, 38-1, 53-69, くらしき作陽大学,

(2004)

- 7) 北野信彦：古代木造建造物におけるベンガラ塗装の研究（Ⅰ）-豊後国風土記に記された「赤湯泉（あかゆ）の温泉沈殿物に関する基礎的調査-，考古学と自然科学，54，35-52，（2006）
- 8) 北野信彦：古代木造建造物のベンガラ塗装に関する研究（Ⅱ）-パイプ状ベンガラを生産と使用に関する基礎的調査-，考古学と自然科学，56，41-63，（2007:a）
- 9) 北野信彦：平安宮内建造物のベンガラ塗装に関する一知見，研究紀要，10，1-20，京都市埋蔵文化財研究所，（2007:b）
- 10) 北野信彦：伝統的民家建造物の保存修復材料として使用するベンガラ顔料の製法と性状，総合郷土研究所紀要，53，129-148，愛知大学，（2008）
- 11) 成瀬正和：正倉院御物に用いられた無機顔料，正倉院紀要，26，25-26，（2004）
- 12) 朽津信明：古代地方寺院の外観塗装の色について，保存科学，45，177-186，（2006）
- 13) 山崎一雄・大橋直子：法隆寺五重塔及び金堂木部の赤色顔料の色及び化学成分について，古文化財之科学，5，7-10，（1953）
- 14) 山崎一雄：古文化財の科学，思文閣出版，（1987）

キーワード：元興寺（Gangoji temple）；五重小塔（small five-storied size pagoda）；
塗装顔料（coating pigments）；パイプ状ベンガラ（pipe-shaped *bengala*, iron oxide:
 α -Fe₂O₃）；火山灰（volcanic ash）

Study on Red and White Coating Pigments Used on the Five-storied Small Size Pagoda in Gangoji Buddhist Temple

Nobuhiko KITANO, Shin'ichi SAGAWA* and Shigeru KUBODERA**

The small five-storied pagoda at Gangoji Buddhist temple is a very important cultural property as an ancient wooden building. This small size pagoda was constructed in Nara-Heijo capital during the latter half of the 8th century (Nara period). After that, the pagoda was repaired many times in the Heian period, Kamakura period(1244), Edo period (1698), Meiji period (1898), and Showa period (1951, 1967~1968). At each repair, old damaged wooden parts were exchanged with new parts and entirely repainted with new pigments again.

In this report, some of the analytical results of studies on coating pigments covering the old wooden parts using an X-ray fluorescence spectrometer (XRF) and electron microscope (SEM micrograph) are reported.

As a result, it was found that red pigments were *bengala* (iron oxide: α -Fe₂O₃) and white pigments were white clay or volcanic ash powder. It was also found that different kinds of *bengala* pigments were used at each restoration. For example, natural (mineral) *bengala* like *akatsuchi* or *nitsuchi bengala* were used during the Kamakura period, and synthetic *bengala* like *roha* or *tetsu-tan bengala* were used after the Meiji period. However, pipe-shaped *bengala*, which is a clear red color pigment, was used as the original red coating pigment for this small pagoda during the Nara period.

So it is assumed that workers in ancient government circles recognized pipe-shaped *bengala* to be high quality red *bengala* pigment and that they produced this *bengala* systematically and coped with the situation of the demand and supply in those days.

*Gangoji Institute for Research of Cultural Property **National Research Institute for Cultural Properties, Nara